L I S

LABORATORIO DELL'IMMAGINARIO SCIENTIFICO

Aprile 1993 - N°10

"Io non so che cosa
possa aver pensato
di me il mondo, ma per conto mio
mi sembra di essere stato
come un fanciullo che,
giocando sulla riva del mare,
si sia divertito a trovare,
di quando in quando,
un ciottolo più liscio
o una conchiglia
più bella dell'ordinario,
mentre l'immenso oceano
della verità stava davanti a me
ancora tutto da scoprire".

Isaac Newton

SETTIMANA DELLA CULTURA SCIENTIFICA

L'IMMAGINARIO SCIENTIFICO NOTIZIE

PROGRAMMA PER LA SETTIMANA

Laboratorio dell'Immaginario Scientifico (p.le De Gasperi 1, tel.: 397305)
ANIMAZIONI DIDATTICHE TEATRALI
Teatro Scienza: La coccinella e il dente di leone: per le scuole materne e elementari, ogni giorno alle 10 e replica alle 10.45 su prenotazione
INCONTRI PER LE SCUOLE
• Mercoledì 21 ore 10 per le scuole elementari, in collaborazione con l'OAT:
Mauro Messerotti, ricercatore astrofisico, *La conquista della Luna.*
• Giovedì 22 ore 10 per le scuole medie, in collaborazione con l'OAT:
Mauro Messerotti, *L'esplorazione del pianeta Marte*
• Sabato 24 ore 10 per le scuole medie: Flavio Bacchia, geologo, *La vita nel golfo di Trieste.*
CONFERENZE *Dal mondo della precisione all'universo della complessità*
• Lunedì 19 ore 18, Centro congressi della Fiera:
Alessandro Treves, SISSA, *I circuiti della memoria*
MOSTRE E RASSEGNE
Centro congressi Fiera da lunedì 19 a domenica 25; orario 9-13; 16-19
• *IV Mostra del libro scientifico per ragazzi*
• *L'Immaginario Scientifico* rinnovato e arricchito
• *Dal pennello al mouse*: opere di Giuliano Comelli
• *Lo scrigno della Terra*: esposizione di minerali e fossili (a cura di Ipanema Sas e Geolinea)
CONVEGNO *Dai Quark alle galassie*
Organizzato da: Laboratorio dell'Immaginario Scientifico (LIS), Scuola Superiore di Studi Avanzanti (SISSA), Dipartimento di Fisica dell'Università di Trieste, AIF-Gruppo Olimpiadi
Da giovedì 22 a sabato 24 aula magna della SISSA e sabato pomeriggio Centro congressi della Fiera
• Al mattino, incontri di fisica per gli studenti delle scuole superiori con interventi di R. Iengo, G. Barbiellini Amidei, R. Rosei, E. Tosatti, A. Treves, Al. Treves e G. Denardo
• Al pomeriggio, sezione per gli insegnanti con interventi di E. Zavattini, M. Vicentini, E. Fabri, P. Violino, B. E. Woolnough, G. Calvelli, M. Michelini, G. Marx, H. Mayr

ICTP (strada Costiera 11, tel.: 2240313) Visite ai laboratori su prenotazione (a cura di G. Denardo)

Osservatorio astronomico (Basovizza, tel. 3199241 dalle 11 alle 13) Visite su prenotazione
• Mercoledì 21 e giovedì 22 (visite notturne)
• Venerdì 23 (visite diurne e nott.)

Museo civico di storia naturale (via Ciamician 2, tel. 301821)
Proiezioni nella sala conferenze.
• Martedì 20 e giovedì 22, ore 10: *Il mondo degli insetti*; ore 11: *La vita al microscopio*
• Mercoledì 21 e venerdì 23, ore 10: *Dalla pietra al bronzo*; ore 11: *La vita delle stelle*

Laboratorio di biologia marina (Aurisina, tel. 224400)
Da martedì 20 a venerdì 23 su richiesta visite guidate e conferenze sulle problematiche dell'Alto Adriatico

Istituto magistrale Carducci (via Madonna del mare 11, tel. 300672)
Collezione di strumenti didattici della scuola. Orario: 10-13; 16-18

Università di Trieste, Dipartimento di Scienze chimiche (via Licio Giorgieri 1, tel. 6763924)
Con il patrocinio della Società chimica italiana, sezione Friuli-Venezia Giulia. Da lunedì 19 a venerdì 23 dalle 15 alle 18 visite ai laboratori, seminari e conferenze (a cura di C. Russo)

Università di Trieste, Dipartimento di scienze farmaceutiche (p.le Europa 1, tel. 6763107). Visite ai laboratori didattici e di ricerca, previa prenotazione (a cura di F. Rubessa)

La cultura scientifica

È il terzo anno che il Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica promuove la Settimana della Cultura Scientifica, una settimana in cui tutti i musei e gli istituti scientifici italiani sono chiamati ad aprire le porte, per richiamare l'attenzione sull'importanza della scienza, non solo come sapere specialistico, ma come parte integrante della cultura moderna.

Anche quest'anno, sono in calendario numerosissime iniziative dedicate alla scuola e agli adulti.

Tra le iniziative triestine vogliamo ricordare il convegno **Dai quark alle galassie, Incontri sulla fisica e la didattica della fisica**; infatti se altre tematiche scientifiche (quelle biologiche ad esempio, o quelle legate all'ambiente) sono già riuscite ad aprirsi un varco nell'attenzione del grande pubblico, e sono già presenti in modo anche valido nella scuola, la fisica, seppur quasi la scienza regina dei nostri tempi, è ancora per molti una disciplina totalmente sconosciuta, ed è in fondo giudicata anche lontana ed estranea dall'interesse dei molti.

Anche la scuola, dove la fisica dovrebbe essere presente fin dai primi anni delle elementari, fatica a occuparsene, vuoi per la mancanza di preparazione negli insegnanti, vuoi per la mancanza di spazi, di tempo, di attrezzature; la scuola soprattutto non riesce il più delle volte a farla amare da bambini e ragazzi, e perpetuando così quella certa sensazione di estraneità, non essendo capace a renderla materia divertente, coinvolgente e affascinante, come lo è per gli scienziati che se ne occupano.

Per questo speriamo che il convegno, un convegno molto rilevante per gli istituti che lo hanno promosso e per i relatori invitati, smuova le acque dell'interesse per la fisica, e sia la base per nuove e interessanti iniziative.

L'IMMAGINARIO

LA VOGLIA DI SAPERE

La voglia e la necessità di saperne di più sul mondo è antica quanto la vita in ogni sua forma che vi si deve adattare e a ogni nascita si rinnova. Tra gli uomini è la manifestazione di un bisogno universale come è mostrato dai primi osservatori astronomici trovati sia a Babilonia che nelle civiltà precolombiane d'America. Da noi, in Occidente, furono i greci per primi a prendere coscienza di ciò, dando origine alla filosofia che ha contribuito allo straordinario sviluppo della scienza odierna che sta cambiando il nostro modo di vedere, capire e concepire il mondo. Il cammino della scienza assomiglia, per certi versi, a un viaggio alla scoperta di un nuovo continente: è una grande avventura alla quale tutti dovrebbero poter partecipare. Ma non è facile far uscire la cultura scientifica dalla cittadella della scienza per farla andare tra la gente. Specialmente se si vuole rendere accessibile, anche ai non iniziati, la parte più profonda ed entusiasmante delle nuove forme del sapere.

In Italia, per ragioni storico-filosofiche, siamo ancora indietro in questa impresa, ma in Europa si è già fatta molta strada. Uno dei pioneri è Richard Gregory, di Bristol, illustre scienziato nel campo della percezione e autore di libri famosi. Ha inventato una nuova forma di museo della scienza che ha battezzato hands-on *che significa «con le mani sopra»: in un museo hands-on si capiscono e si apprendono le leggi che governano i fenomeni naturali maneggiando strumenti come fossero giocattoli non solo per ragazzi ma anche per adulti. Gregory ha fondato una associazione europea di questi nuovi musei, che in Europa stanno nascendo dappertutto come funghi, ed ha voluto chiamarla ECSITE (che sta per European Consortium for Science Industry and Technology Exibitions) che in inglese suona anche come «entusiasmare» o «eccitare», e questo perché, secondo Gregory, la scienza è entusiasmante per gli esperti che si dedicano alla ricerca ed è questo entusiasmo che, attraverso i nuovi musei e la divulgazione multimediale, si dovrebbe poter trasmettere alla gente e specialmente ai giovani che sono i più ricettivi.*

Richard Gregory è un vecchio amico del Laboratorio dell'Immaginario Scientifico, è stato il primo ad essere insignito del premio Rovis per la divulgazione scientifica nel 1989. Ora speriamo ritorni, perché quando recentemente gli abbiamo raccontato di aver allestito al LIS la mostra Oltre lo specchio, *che tanti ragazzi di Trieste conoscono bene, ha esclamato: «Ma sto scrivendo un libro con lo stesso titolo!» ed immediatamente è nata l'idea di progettare e poi di realizzare assieme, partendo dalla mostra del LIS e dal suo libro, una grande esposizione sui modi di guardare il mondo al di là dell'apparenza e sulla vita (in collaborazione con l'Università di Trieste e con l'ICGEB) che, se tutto andrà per il verso giusto, diventerà senz'altro unica e famosa, perché avrà come catalogo il libro di Richard Gregory e certamente girerà per l'Europa per poi diventare un settore centrale del nuovo museo hands-on che noi vorremmo costruire qui a Trieste, anche con il suo aiuto, che potrebbe diventare il primo in Italia di questo tipo.*

BRIAN WOOLNOUGH
Fisico esperto di didattica, Università di Oxford

DA GRANDE FARÒ LO SCIENZIATO

Quali sono i fattori che possono convincere i giovani a scegliere di diventare scienziati o ingegneri? L'autore, che interverrà al convegno DAI QUARK ALLE GALASSIE, riporta i risultati di una recente indagine svolta nel Regno Unito e propone alcuni suggerimenti operativi.

La scienza e l'ingegneria offrono possibilità professionali ricche di soddisfazioni; eppure, nel Regno Unito e in altri paesi europei, molti degli studenti più capaci non le considerano degne di interesse. Perché i giovani le rifiutano? Quali sono i fattori decisivi nella scelta della carriera? E perché studenti con capacità analoghe scelgono tra l'ingegneria e le scienze pure? Questo articolo, che si basa su un'indagine recentemente svolta nel Regno Unito dalla FASSIPES, propone alcune risposte a queste importanti domande: si tratta di risposte che possono contribuire ad aumentare il numero degli studenti che scelgono una professione nell'ambito della scienza e dell'ingegneria, una scelta che reca vantaggi all'economia nazionale e ai diretti interessati.

Secondo l'opinione di molti, scienziati si nasce, non si diventa, ed è vero che gli studenti i cui genitori lavorano nel campo scientifico spesso seguono il loro esempio. Ma ciò è dovuto a una combinazione di abilità e personalità ereditate, e all'influenza esercitata dalla famiglia. Spesso gli atteggiamenti e le abitudini che i bambini acquisiscono «aiutando il papà a riparare la macchina» forniscono loro la sicurezza e la propensione necessarie per intraprendere una carriera scientifica.

Molti ritengono, invece, che il fattore determinante nella scelta siano i vantaggi del lavoro dello scienziato — quali lo status sociale, lo stipendio e le prospettive di carriera. D'altronde, in paesi come il Regno Unito, la professione di scienziato, e più ancora quella di ingegnere, vengono in genere stimate poco, per cui, molti di coloro che sono alla ricerca di fama e fortuna si indirizzano altrove: all'alta finanza, all'impresa privata, alla magistratura o ai mass media.

Questi fattori, l'ambiente familiare e il prestigio sociale della carriera scientifica, però, sono variabili che sfuggono al controllo delle scuole. Ma, allora, c'è qualcosa che la scuola può fare per rendere questo tipo di carriera più attraente? Per fortuna, la risposta è affermativa. I risultati della recente indagine FASSIPES (basati su interviste a studenti, insegnanti e assistenti) hanno confermato le intuizioni — finora ipotesi non dimostrate — riguardanti l'importanza dei fattori interni alla scuola che possono influenzare le scelte professionali degli studenti.

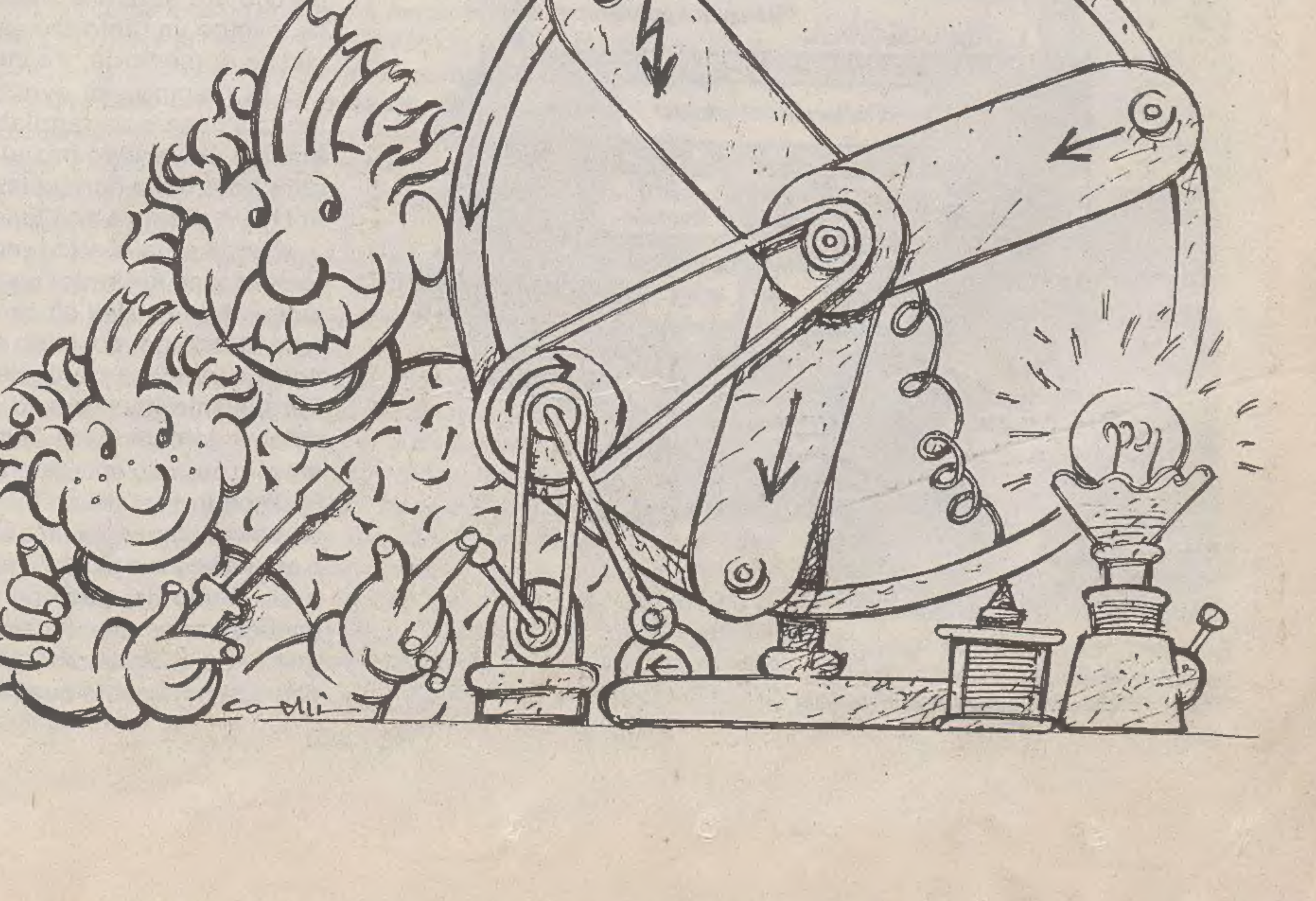
La qualità dell'insegnamento delle materie scientifiche, specialmente della fisica, è risultato essere un fattore determinante. La cosa non sorprende. Comunque, non risulta influente soltanto ciò che viene svolto di programma — sebbene i potenziali fisici sembrino preferire insegnanti che mostrino la scienza come indagine e ricerca, mentre i futuri ingegneri prediligono un'impostazione più rigida e controllata. Più importante risulta essere il rapporto insegnante-studente in classe e fuori: è in questo ambito che lo studente viene incoraggiato, sfidato e ispirato dall'insegnante, che, specialmente nel caso del futuro scienziato teorico, diventa un modello da seguire.

L'altro fattore molto importante sono le eventuali attività extracurricolari, in particolare i progetti individuali, che incoraggiano a prendersi le proprie responsabilità, stimolano l'interesse all'apprendimento e alla soluzione di problemi. Tutto può accendere la fantasia e la passione per la scienza. Si tratti di progettare un veicolo che, tendendo un elastico, lanci un uovo il più lontano possibile, si tratti di costruire con degli spaghetti un ponte che regga il carico massimo, si tratti di trovare i fattori che condizionano la velocità

(segue in ultima pagina)

IN QUESTO NUMERO

Nelle pagine centrali, la scienza della complessità:
Zanarini, *Finestre sulla complessità*
Pietronero, *Corsi e ricorsi della natura* (intervista)
Treves, *I circuiti della memoria*
Tosatti, Chiarotti, *Viva la complessità* (conversazione)
LA SCIENZA IN CITTÀ: cosa fanno gli istituti triestini
e un racconto di Allais, *Un dramma molto complesso*
A pagina 4, la testimonianza di due «esperimenti»:
Caldelli et al., *Fisici in erba*
Crismani, *Teatro scienza*
ECO DELLA STAMPA SCIENTIFICA
LA SCIENZA DA SFOGLIARE, un percorso bibliografico nel mondo della complessità



C O M P L E

GIANNI ZANARINI
Fisico teorico, Università di Bologna

FINESTRE SULLA COMPLESSITÀ

*La scienza della complessità propone un nuovo approccio alla realtà: il concetto chiave è quello di **autorganizzazione**, che denota la capacità, tipica dei sistemi complessi, di dar luogo a strutture ordinate che non derivano dalla semplice somma degli elementi del sistema.*

La scienza della complessità ci propone di guardare il mondo con uno sguardo nuovo, più attento all'ordine dinamico, ossia alla coerenza a largo raggio che emerge dall'interazione tra una miriade di «oggetti» elementari. La fiamma di una candela, gli anelli di fumo, le strutture regolari nelle correnti di convezione di un fluido, la luce del laser, le reazioni chimiche oscillanti e tanti altri fenomeni naturali ci appaiono allora in una prospettiva nuova ed emozionante. Quasi paradossalmente, si può dire che la scienza dei sistemi complessi studia i comportamenti semplici che emergono da una confusa e molteplice complessità sottostante.

Sono tante le domande che questo nuovo approccio alla realtà ci suggerisce. Come nasce l'organizzazione che osserviamo guardando certi sistemi da una certa distanza e per un certo tempo? Da dove provengono, ai singoli oggetti elementari, le informazioni necessarie per adattarsi all'ordine «sovrastante», ordine che per di più è relativo a una scala spazio-temporale completamente diversa da quella significativa al livello degli elementi stessi, ma che quasi paradossalmente, sono gli elementi stessi a costruire? Dove risiede il progetto dell'ordine dinamico emergente, dove si trova il luogo del suo controllo?

La risposta che la scienza della complessità fornisce a tali domande è centrata sul concetto di **autorganizzazione**, che esprime, appunto, la possibilità di comportamenti altamente organizzati anche in assenza di un progetto.

L'espressione autorganizzazione ci rimanda al concetto di organizzazione, e a ciò che esso implica nel caso di strutture artificiali ovvero di sistemi sociali. In questi casi, l'organizzazione è abitualmente il risultato della realizzazione di un progetto; e, quando parliamo di progetto, pensiamo a qualcosa che in modo coerente si ritrova a tutti i livelli, dal più elementare fino al più aggregato. Qui, invece, abbiamo un'organizzazione, ossia un comportamento dinamico globale, che «emerge» spontaneamente da una singolare relazione tra l'ordine delle leggi fisiche elementari e il disordine che caratterizza il complesso delle interazioni tra gli elementi.

Nella ricerca di una spiegazione scientifica per i comportamenti collettivi, non si può adottare una spiegazione «globale», che vada cioè dall'alto verso il basso, dal progetto complessivo al comportamento dei singoli componenti, perché il progetto non risiede in alcuna parte del sistema; d'altra parte, non è possibile nemmeno una spiegazione riduzionistica, ossia dal basso verso l'alto, fondata sulle leggi delle interazioni elementari.

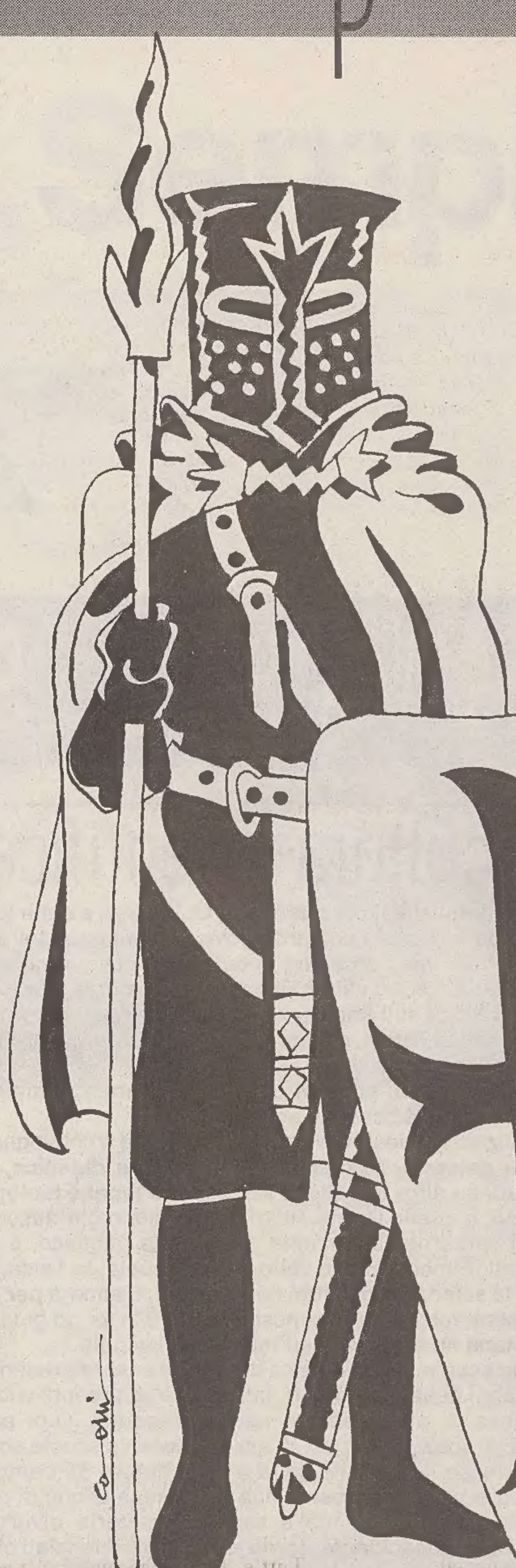
Il concetto centrale per comprendere i comportamenti autorganizzati appare piuttosto essere l'articolazione tra «livelli di realtà» diversi: si può pensare di ricondurre l'emergere di una organizzazione dinamica al livello superiore di aggregazione a una reazione circolare tra il livello dei componenti elementari e il livello dei comportamenti collettivi. Questa circolarità esplicativa, però, non è in grado di fondare un nuovo tipo di scienza globale: è semplicemente un modo intuitivo di comprendere l'articolazione tra livelli di realtà a cui corrispondono scienze diverse, con i loro concetti e i loro metodi specifici. Ciascuno di questi approcci apre, per così dire, una «finestra sulla complessità», e l'articolazione reciproca di tali finestre si realizza nella nostra intuizione.

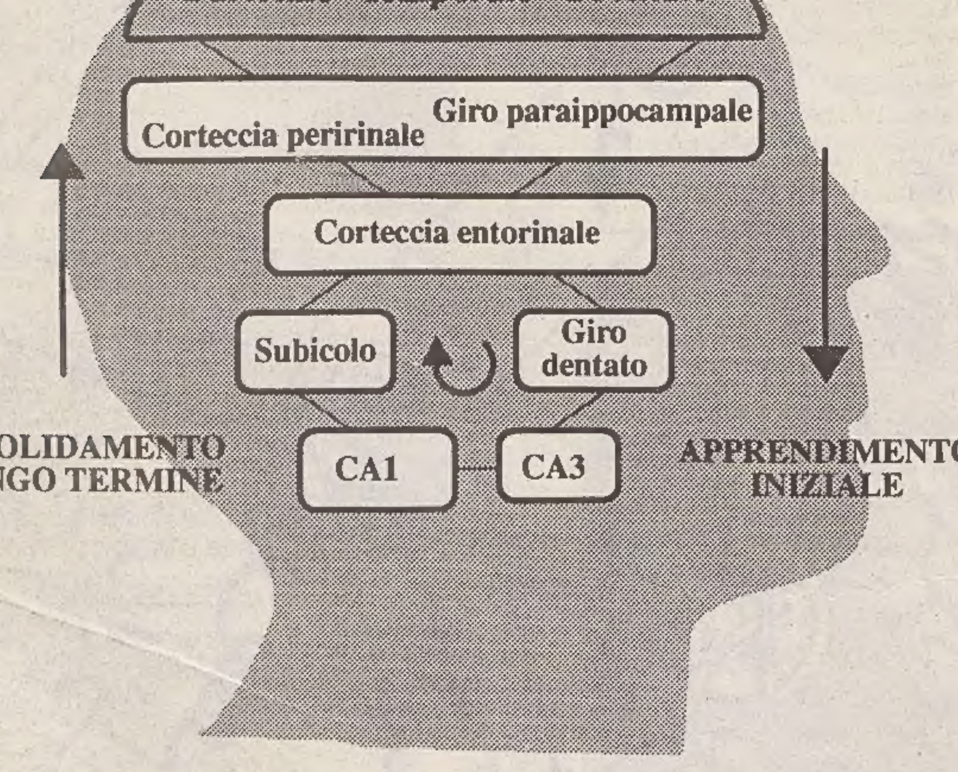
Nello studio matematico dei sistemi complessi, ci troviamo di fronte all'impossibilità pratica di trattare analiticamente un così gran numero di equazioni e di interazioni, per cui è inevitabile il ricorso alla simulazione numerica, ossia alla costruzione di «mondi artificiali» che si comportino almeno in una certa misura come il «mondo naturale».

In questi «mondi artificiali» ritroviamo i fenomeni di autorganizzazione osservati nella natura. Ma vediamo anche qualcosa d'altro: l'effettivo comportamento dei sistemi è condizionato dalla necessità e dal caso, in altre parole, dalle equazioni e dal rumore. Assai spesso si osserva infatti una notevole instabilità delle equazioni, per cui, come nel gioco del biliardo, è sufficiente una piccolissima differenza nelle condizioni di partenza per avere storie completamente diverse. Questa situazione si chiama, in termini matematici, **dipendenza sensibile dalle condizioni iniziali**, e non è eliminabile, perché i nostri numeri avranno sempre un numero infinito di cifre. In molti casi, poi, il comportamento è insieme irregolare e confinato: l'irregolarità è, per così dire, limitata e coesistente con una regolarità. È questa la situazione che si definisce di **caos deterministico**, nella quale è possibile una previsione in linea di massima, ma non una previsione dettagliata.

Ma se, nella determinazione del comportamento dei sistemi complessi, è importante anche l'effetto di un elettrone alle frontiere dell'universo, la fisica (la fisica classica, e non solo quella quantistica) si trova di fronte a una crisi dei propri ideali di riduzionismo, di isolabilità dei sistemi, di prevedibilità: il mondo ci sfugge, è assai più complesso dei nostri schemi mentali, e questo può non farci piacere...

La scienza della complessità, dunque, non ci semplifica il mondo, come in un certo senso ha fatto la meccanica di Galileo. Ci richiama, al contrario, alla necessità di sviluppare un pensiero complesso, come complesso è il mondo che ci circonda.





Schema delle connessioni fra aree neocorticali (in alto) e ippocampo (in basso).

ALESSANDRO TREVES
Biofisico, SISSA, Trieste

I CIRCUITI DELLA MEMORIA

Le ricerche combinate di biologia e anatomia, con le tecnologie più sofisticate e la simulazione al calcolatore hanno permesso di analizzare i «circuiti della memoria» dal punto di vista della scienza dei sistemi complessi. Di questo parlerà Treves nella conferenza di lunedì 19 aprile, ore 18 (Centro Congressi Fiera).

In cosa consiste la nostra capacità di apprendere dall'esperienza e di ricordare ciò che abbiamo appreso? Ci sono parti del cervello specializzate per queste funzioni o almeno per alcuni tipi di apprendimento e memoria? Quali sono i meccanismi di base a livello molecolare, a livello cellulare e a livello di rete di cellule nervose? La scienza moderna ha saldamente preso in mano queste tematiche, un tempo terreno di pascolo della filosofia e dell'analisi introspettiva, e con i recenti progressi metodologici ha fatto grandi passi avanti nella loro delucidazione. D'altra parte, la complessità del sistema memoria fa sì che ci vorrà ancora del tempo prima che si arrivi a una sua comprensione esauriente e ciò richiederà lo sforzo congiunto di discipline che coprono tutta la gamma dalla biologia molecolare alla neuropsicologia senza dimenticare l'analisi matematica dei sistemi complessi.

Un'osservazione importante, ad esempio, è stata fatta analizzando pazienti che hanno subito lesioni al lobo temporale, oppure nei quali parte del lobo stesso è stata asportata come terapia estrema in casi intrattabili di epilessia. Tali pazienti hanno gravi difficoltà nel ricordare fatti ed episodi, a fronte di un'intelligenza normale e altre funzioni corticali superiori più o meno intatte. Questa osservazione è stata la prima di una serie che ha portato a concludere che una particolare struttura situata nel lobo temporale, chiamata ippocampo, svolge un ruolo cruciale nel processo di formazione di una certa classe di memorie, fra cui quelle dette memorie episodiche. Il fatto che la memoria di eventi accaduti molti anni prima della lesione tenda a essere risparmiata suggerisce che il ruolo dell'ippocampo si limita a un periodo iniziale di formazione della memoria. In seguito, altre parti della corteccia cerebrale sono capaci di fare da supporto, anche in assenza dell'ippocampo.

Vent'anni fa è stato inoltre scoperto, proprio nell'ippocampo (in questo caso del ratto) un fenomeno interessante: il potenziamento a lungo termine dell'efficacia sinaptica, che pare essere il meccanismo, o uno dei possibili meccanismi, alla base dell'apprendimento nei vertebrati, in particolare di quelle forme di apprendimento in cui l'organismo ha accesso all'informazione da apprendere una volta sola — come accade appunto nella memoria episodica. Il meccanismo, in seguito spiegato a livello molecolare, entra in azione quando i due neuroni si trovano a essere attivi in coincidenza temporale e ha come conseguenza un aumento della capacità di una certa sinapsi di trasmettere i segnali da neurone a neurone.

Lo studio dei pazienti permette di gettare uno sguardo, diciamo così dall'alto, sulle funzioni espletate dall'intero ippocampo, mentre quello dei meccanismi di potenziamento illumina, dal basso, il ruolo di entità minuscole quali le sinapsi. A integrare queste due prospetti-

(segue in ultima pagina)

NOVELLA UMORISTICA DI ALPHONSE ALLAIS
(traduzione dal francese di Paolo Universo)

Una d… scente … anni i… de fors… sistem… scopre… comun… esperie… ci sono… munic… gio di… plesso … che. C… si usa… riferis…

UN DRAMMA…

"Allo scoccare delle tre… congolese e invitò…

Capitolo I
(In cui si fa la conoscenza di un Signore e una Signora che avrebbero potuto essere felici, senza i loro eterni malintesi).

All'epoca in cui comincia questa storia, Raul e Margherita (nome grazioso per i giochi amorosi) erano sposati da circa cinque anni.

Matrimonio d'amore, ben s'intende; Raul, una bella sera, ascoltando Margherita cantare la dolce romanza del colonnello Henry d'Erville, si disse: è certo che la divina Margherita non apparterrà mai a un altro uomo.

Il rapporto avrebbe potuto essere la più felice delle unioni senza il caratterino dei due coniugi.

Per un sì, per un no, tac! un piatto rotto, uno schiaffo, un calcio nel didietro.

A questi rumori, Amore fugge in lacrime, e attende, all'angolo d'un parco, il momento sempre prossimo della riconciliazione.

Allora, innumerevoli baci, abbracci senza fine, teneri e sapienti, ardori infernali.

C'è da credere che i due sporcaccioni litigassero per offrirsi l'occasione di riconciliarsi.

Capitolo II
(Piccolo episodio che, senza riallacciarsi direttamente all'azione, darà al lettore un'idea sul modo di vivere dei nostri due eroi).

Un giorno, infatti, il diverbio fu più serio del solito.

O piut… Erano … tra l'al… to-Ric… Quand… dare il… dimme… E tu, … avrai … l'attric… Iniziat… zione r… lenze r… Nella … sa, Ma… strider… me un … Così, … due be… ve posi… La ma… baffi c… to, Ra… che co… brutta. La pov… come l… Raul la… Allora, … ma ang… Marghe… Girand… le brac… Ti preg… mi!

Capitol…
(In cui … come … spesso, …

Capitol…
(Dove … te s'im… guarda … starsen… Una m… guente … "Se vol… so, ved… moglie… masche… Moulin… stita da… tendito… Un ami… La stes…

Conversazione con **GUIDO CHIAROTTI** e **ERIO TOSATTI**, SISSA Settore di Fisica dello stato solido

VIVA LA COMPLESSITÀ

Per una chiacchierata attorno al tema della complessità, siamo andati a trovare Guido Chiarotti ed Erio Tosatti che lavorano alla SISSA su modelli di simulazione in fisica dello stato solido.

— Dunque, voi sapete, vero, di avere preso le persone sbagliate? Noi non ci occupiamo di complessità, semplicemente lavoriamo con modelli numerici che ci permettono di simulare al calcolatore il comportamento di fenomeni fisici complessi.

— Dunque, sia i fenomeni fisici che studiate sia i modelli che utilizzate per studiarli mostrano andamenti complessi. Proprio di questo volevamo parlare. Per esempio, sappiamo che molte delle vostre simulazioni riguardano lo studio delle *transizione di fase*. Di cosa si tratta, più precisamente?

— Una transizione di fase, come l'evaporazione o il congelamento, è il momento in cui la materia cambia il suo stato: nella transizione solido-liquido, per esempio, al variare della temperatura si osserva in corrispondenza di una temperatura critica una brusca variazione del grado di ordine del sistema, che passa da solido, e quindi ordinato, a liquido, cioè a un sistema molto più disordinato. Ecco che una proprietà di un sistema fisico, in questo caso l'ordine atomico, subisce una brusca variazione al variare anche lento di un parametro del sistema, in questo caso la temperatura. Ma la cosa più interessante è che si tratta di fenomeni *collettivi ed emergenti*. Tutte le numerosissime parti che compongono il sistema, pur interagendo tra loro attraverso leggi non necessariamente di lungo raggio d'azione, in prossimità della temperatura critica si comportano come se fossero d'accordo tra loro. Questi fenomeni non si manifestano solo nei sistemi reali, ma anche nei modelli usati nelle simulazioni al calcolatore. Se assumiamo di conoscere le leggi che governano l'interazione tra le parti che compongono un dato sistema, possiamo simulare al calcolatore un sistema composto da molti sottoinsiemi soggetti a quella determinata regola di interazione. Quello che si osserva è che il comportamento collettivo del sistema in prossimità delle transizione di fase non è deducibile dalle

(segue in ultima pagina)

E S S I T À

Una delle principali ragioni del crescente successo di cui gode in questi anni il tema della complessità risiede forse nel fatto che le proprietà dei sistemi complessi, che i fisici stanno scoprendo ed enunciando, appaiono comuni anche a fenomeni e campi di esperienza assai consueti. Fra questi ci sono senz'altro i fenomeni della comunicazione linguistica. Il linguaggio difatti è per eccellenza un complesso sistema di relazioni reciproche. C'è reciprocità fra le parole che si usano e le cose o concetti a cui ci si riferisce; e c'è reciprocità tra quello che si dice (o si scrive) e quello che si ascolta (o si legge); o, per addentrarci nel regno della complessità, c'è reciprocità tra quello che ci aspettiamo che il nostro interlocutore si aspetti da noi e quello che lui si aspetta che noi ci aspettiamo da lui. Questo sistema di relazioni reciproche (o non lineari, come dicono i fisici) fa sì che i testi linguistici attraversino delle vere e proprie «transizioni di fase», mutando di stile o di valore (difesa, invito, consiglio, ordine, insulto,...) a causa di differenze minime, così sottili che per individuarle e controllarle occorre possedere talvolta un orecchio poetico.
Quando leggiamo, difatti, non vediamo delle parti, ma riconosciamo delle tonalità. Ciò è vero a tutti i livelli: delle lettere, delle parole, delle frasi e, soprattutto, del testo. Nella lettura, il testo si organizza in un certo modo, secondo certe aspettative che, più o meno bruscamente, possono anche venire deluse.
Il «dramma complesso» (titolo originale: Un drame bien parisien*), che presentiamo in questo numero, scritto dall'umorista Alphonse Allais (1855-1905), è un esempio di gioco letterario sulla natura complessa di testi linguistici. I suoi protagonisti, difatti, opportunamente mascherati, si comportano seguendo le aspettative del lettore del testo, portandole alle loro assurde conseguenze.*
Per un'analisi più approfondita rimandiamo a Lector in fabula *(Bompiani, Milano, 1980), saggio di semiotica del testo che Umberto Eco ha scritto proprio intorno a questo breve racconto.*

MA MOLTO COMPLESSO

"...delle tre, il Templare fine secolo si avvicinò alla Piroga e l'invitò a una cena tête à tête in un ristorantino"

O piuttosto una sera.
Erano andati a teatro, dove si dava, tra l'altro, l'*Infedele*, di M. de Porto-Riche.
Quando ne avrai abbastanza di guardare il protagonista, brontolò Raul, dimmelo.
E tu, lo accusò Margherita, quando avrai finito di fissarti nella mente l'attricetta, passami il binocolo.
Iniziata su questo tono la conversazione non poteva che finire nelle violenze reciproche più riprovevoli.
Nella carrozza che li riportava a casa, Margherita ci prese gusto a far stridere l'amore proprio di Raul come un vecchio mandolino fuori uso.
Così, non appena furono arrivati, i due belligeranti ripresero le rispettive posizioni.
La mano alzata, l'occhio severo, i baffi come quelli d'un gatto infuriato, Raul si scagliò su Margherita, che cominciò, quindi, a vedersela brutta.
La poverina fuggì, rapida e furtiva, come la cerbiatta nel bosco.
Raul la inseguì per raggiungerla.
Allora, il lampo geniale della suprema angoscia folgorò la testolina di Margherita.
Girandosi bruscamente, si gettò tra le braccia di Raul gridando:
Ti prego, mio piccolo Raul, difendimi!

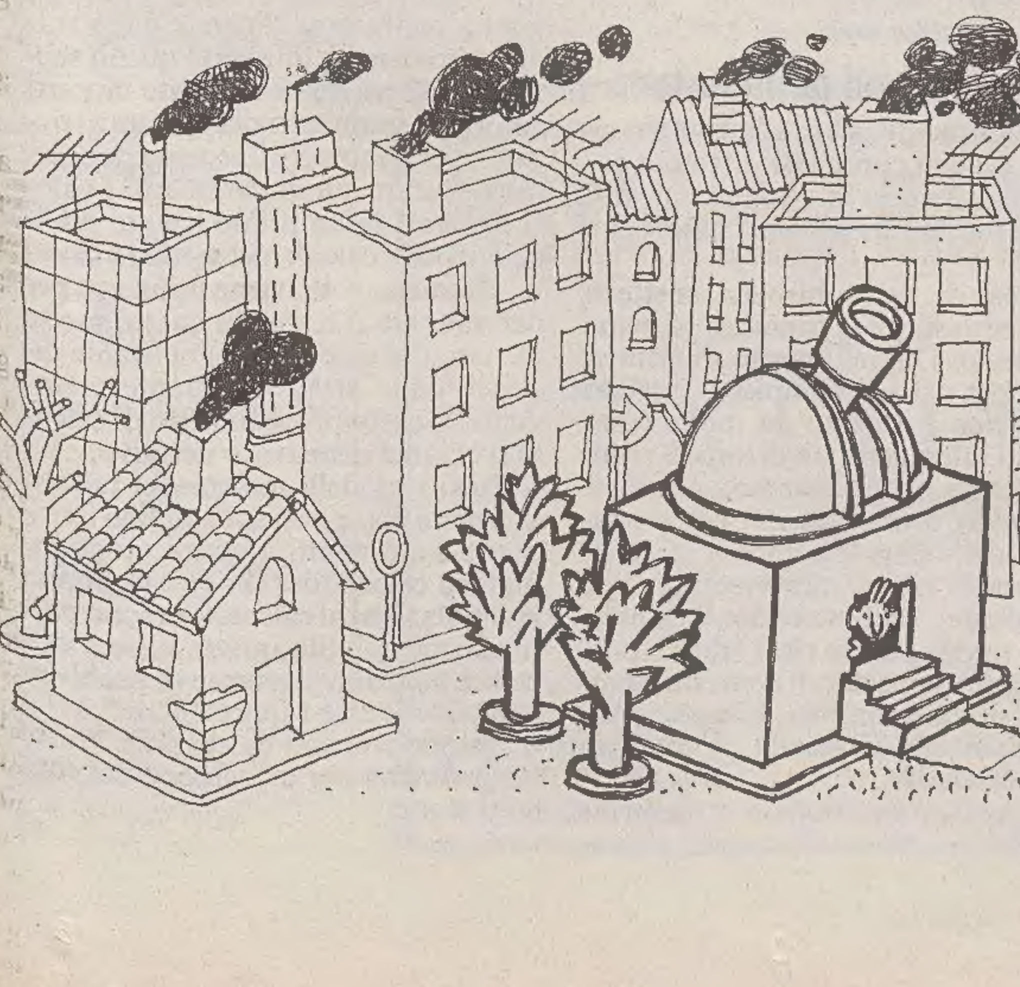
Capitolo III
(In cui i nostri amici si riconciliano come vi consiglio di riconciliarvi spesso, voi che fate i furbi).

Capitolo IV
(Dove si potrà constatare che la gente s'impiccia di ciò che non la riguarda ma farebbe molto meglio a starsene tranquilla).
Una mattina, Raul ricevette il seguente biglietto:
"Se volete, una buona volta, per caso, vedere come se la spassa la vostra mogliettina, andate giovedì al ballo mascherato degli Incoerenti, al Moulin-Rouge. La troverete travestita da piroga congolese. A buon intenditore... salve!
Un amico".
La stessa mattina, Margherita ricevette il biglietto seguente:
"Se volete, per caso, vedere come vostro marito se la gode, andate giovedì al ballo degli Incoerenti, al Moulin-Rouge. Lo troverete mascherato e camuffato da templare fine secolo. A buona intenditrice... salve!
Un'amica".
La faccenda dei biglietti non cadde in orecchi sordi.
Dissimulavano mirabilmente i loro piani, quando arrivò il giorno fatale.
Mia cara, fece Raul con l'aria più innocente di questo mondo, sono costretto a lasciarti fino a domani. Affari molto importanti mi chiamano a Dunkerque.
Capita a proposito, rispose Margherita, deliziosamente candida, ho appena ricevuto un telegramma dalla zia Aspasia, la quale, molto malata, mi chiama al suo capezzale.

Capitolo V
(In cui si vede la folle gioventù dei nostri giorni rincorrere i più chimerici e fuggevoli piaceri, invece di pensare all'anima).
Le cronache mondane del «Diavolo Zoppo» furono unanimi nel proclamare che il ballo degli Incoerenti è stato quest'anno un successo clamoroso.
Molte spalle nude e gambe niente male, senza contare gli accessori.
Due dei presenti sembravano non prender parte alla follia generale: un Templare fine secolo e una Piroga congolese, entrambi perfettamente mascherati.
Allo scoccare delle tre, il Templare s'avvicinò alla Piroga e l'invitò a una cena tête à tête in un ristorantino.
Per tutta risposta, la Piroga appoggiò la piccola mano sul braccio robusto del Templare, e la coppia si dileguò.

Capitolo VI
(In cui la situazione s'ingarbuglia).
— Lasciateci un istante, disse il Templare al giovane cameriere, decideremo cosa ordinare e vi chiameremo.
Il ragazzo si ritirò e il Templare girò accuratamente la chiave nella serratura.
Poi, con un movimento brusco, dopo essersi sbarazzato dell'elmo, strappò la mascherina alla Piroga.
Tutt'e due lanciarono, nel medesimo istante, un grido di stupore, non riconoscendosi l'un l'alto.
Lui non era Raul.
Lei non era Margherita.
Si presentarono vicendevolmente le scuse, e non tardarono a prender confidenza con il favore dell'intima cenetta, e non vi dico che questo...

Capitolo VII
(Scioglimento felice per tutti, tranne che per gli altri).
Questa piccola disavventura servì di lezione a Raul e a Margherita. Da quel momento, non discussero più e furono perfettamente felici.
Non hanno ancora molti figli, ma certo ne verranno.



LUCIANO PIETRONERO
Fisico teorico, Università di Roma

CORSI E RICORSI DELLA NATURA

La geometria frattale descrive strutture irregolari e autosomiglianti. Nelle scienze fisiche e naturali i frattali si sono rivelati utilissimi per lo studio di molte strutture, che la scienza classica considerava perlopiù delle stranezze.

Il titolo dell'articolo, che riprende quello della conferenza che Luciano Pietronero terrà il 26 aprile (Centro Congressi Ente Fiera, ore 18), mette in evidenza come molte forme naturali siano organizzate in strutture che si ripetono a diverse scale di grandezza. Queste morfologie naturali vengono ben descritte dalla geometria dei frattali. Le somiglianze tra la natura e i frattali (originariamente una costruzione matematica) sono casuali, o sono invece più profonde, cioè l'espressione di un'identità di regole di costruzione?

La geometria frattale è un apparato matematico di nuovo tipo per la descrizione delle strutture intrinsecamente irregolari. In natura — basta guardarsi attorno — l'irregolarità è più la regola che l'eccezione: la ramificazione degli alberi, la forma delle montagne, le nuvole, i fulmini, i cristalli di neve, ... sono tutti esempi lampanti. Tutte queste forme, oltre a un'intrinseca irregolarità, hanno la caratteristica che ogni loro parte — per quanto piccola — riproduce la stessa struttura dell'intero sistema, proprietà che viene chiamata **autosomiglianza**. I concetti di autosomiglianza e di irregolarità sono noti da molto tempo; furono discussi da F. Hausdorff nel 1919 e possono già trovarsi in uno storico lavoro di H. Poincaré del 1885. Sono però rimasti al margine della scienza fino a quando B. Mandelbrot negli anni settanta non ne ha dimostrato l'importanza (anche il termine frattale è stato introdotto da lui). Effettivamente, la geometria frattale permette di descrivere matematicamente e quantitativamente molte strutture naturali che si ribellano a qualsiasi classificazione tradizionale.

Ma perché mai la natura avrebbe dovuto inventarsi questo tipo di strutture?

Be', questo è un problema aperto. La comprensione del perché la natura generi strutture frattali, e quindi la costruzione di una teoria dei frattali, costituisce il problema cruciale in questo campo, attualmente oggetto di ricerche e di riflessione teorica.

Potrebbe fare qualche esempio di struttura frattale, importante anche storicamente?

Vengono subito in mente i cristalli di neve e il moto degli atomi in un fluido (moto browniano). I cristalli di neve hanno un contorno irregolare non rappresentabile con una curva continua. Ogni porzione del contorno ha una struttura che si ripete identica in ogni porzione più piccola; se si cerca di definirne la lunghezza, ci si accorge che la dimensione del contorno non è intera, ma è un numero frazionario che sta tra 1 e 2. Il moto degli atomi in un fluido è stato osservato per la prima volta da J. B. Perrin. Le traiettorie degli atomi risultano irregolari a causa delle loro reciproche collisioni, e questa irregolarità cresce man mano che si considera una scala più piccola.

In quali settori della fisica i frattali si sono rivelati più utili alla descrizione e alla modellizzazione dei fenomeni?

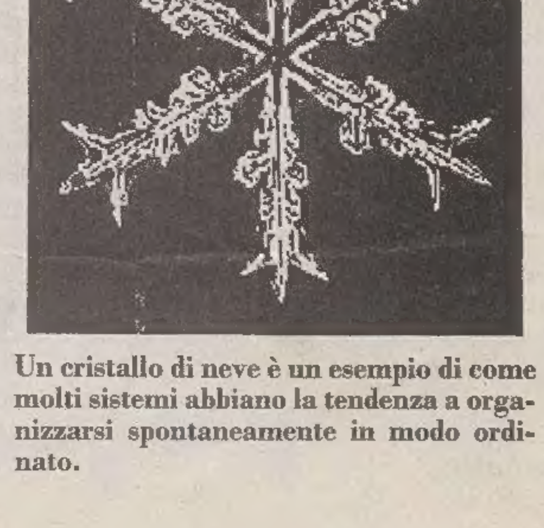
Il concetto di autosomiglianza non è nuovo in fisica; l'autosomiglianza è stata da tempo riconosciuta nelle transizioni di fase, nei sistemi termodinamici, nei fenomeni di turbolenza,... Era però considerata una stranezza. Ora invece ci si è resi conto che è una caratteristica di molti fenomeni di non equilibrio, dell'evoluzione dei sistemi dinamici e, addirittura, della distribuzione della materia nell'Universo.

Di cosa si occupa con il suo gruppo all'Università di Roma?

Il progetto a cui abbiamo lavorato, e che è tuttora in corso, riguarda l'elaborazione di un modello della scarica elettrica. Il modello è stato formulato per la prima volta nel 1984 da L. Niemayer, H. J. Wiesmann e da me. Abbiamo scoperto che a causa degli effetti del disordine e delle fluttuazioni che avvengono nel processo di scarica, il fenomeno è di tipo probabilistico e non deterministico. Il modello, che tiene conto della natura fisica microscopica del fenomeno, genera una struttura frattale che pur non essendo mai uguale, ha sempre la stessa dimensione frattale. Anche nella realtà, infatti, due fulmini non hanno mai esattamente la stessa forma, ma c'è un elemento in comune, cioè il modo in cui la struttura si ramifica. Ovviamente il modello può essere modificato per renderlo più realistico o per adattarlo ad altri casi o a particolari esperimenti.

Queste pagine del giornale e le conferenze organizzate quest'anno

(segue in ultima pagina)



Un cristallo di neve è un esempio di come molti sistemi abbiano la tendenza a organizzarsi spontaneamente in modo ordinato.

LA SCIENZA IN CITTÀ

Cosa fanno gli istituti triestini

Al Laboratorio Interdisciplinare della SISSA, su proposta del suo direttore Stefano Fantoni, è iniziato un progetto legato allo studio dei sistemi complessi, che ha come scopo principale l'applicazione di certe metodologie di fisica ai fenomeni biologici, in questo momento uno dei campi di ricerca più promettenti. Il progetto coinvolge fisici teorici e biofisici, entrambi presenti nella nostra città (SISSA, Dipartimento di Fisica dell'Università, ICGEB). Nel 1992, due sono stati gli eventi caratterizzanti questo primo periodo di attività:

1) Il convegno From classical to quantum chaos (1892-1992) *che tracciando la storia del caos dal primo seme gettato da Poincaré appunto nel 1892, ha messo a fuoco una delle tecnologie usate nello studio dei sistemi complessi.*

2) Un incontro del gruppo ANNETH (di cui fanno parte scienziati della SISSA e del Dipartimento di Fisica dell'Università di Trieste) che si occupa delle reti neurali, cioè di algoritmi che cercano di riprodurre gli schemi del cervello umano. Oltre a studiare la complessità del cervello, ANNETH, in stretto contatto con i fisici sperimentali di alta energia, si pone il problema di come analizzare i primi esperimenti in programma con il LCH a Ginevra o con il supercollider negli Stati Uniti, dove si cercherà di riprodurre i primi istanti dell'Universo. L'analisi e l'interpretazione di questi esperimenti saranno di un grado di complessità mai raggiunta e il gruppo ANNETH propone di far uso degli algoritmi delle reti neurali. In fondo il cervello umano analizza in tempi brevissimi una mole di processi tale da candidarsi come il «migliore» degli analizzatori possibili.

Sempre alla SISSA è partito nel 1990 su idea di Daniele Amati (direttore della SISSA) un progetto sulle scienze cognitive, cioè lo studio del cervello da un punto di vista interdisciplinare; di questo si occupa il gruppo Tecs (Trieste Encounters in Cognitive Science).

Al Dipartimento di Elettrotecnica, Elettronica e Informatica (DEEI) dell'Università di Trieste sono essenzialmente due le ricerche relative ai sistemi complessi, svolte in parte nell'ambito di progetti internazionali e in parte in cooperazione con industrie nazionali. La prima riguarda l'elaborazione numerica delle immagini, con particolare riferimento alle tecniche non lineari, e alle sue applicazioni nel campo biomedico, in astronomia e, recentemente, anche alla televisione ad alta definizione (HDTV) e ai sistemi multimediali. La seconda ha come scopo la compattazione dei dati da memorizzare, in particolare di immagini, con perdita minima di informazione. È in corso di sviluppo uno studio sull'impiego delle reti neurali e, recentemente, è stato preso in considerazione un approccio alternativo che si basa sull'impiego di tecniche di tipo frattale.

Al Dipartimento di Chimica dell'Università di Trieste, il gruppo coordinato da Naseem Rahman, in collaborazione con l'Università di Princeton, studia la dinamica intramolecolare applicando le metodologie dei fenomeni caotici. L'obiettivo è la messa a punto di metodi per «guidare» reazioni chimiche — uno degli obiettivi più importanti della chimica moderna — con l'uso del raggio laser. Inoltre nel quadro del Seminario di Scienza ed Epistemologia, è stato organizzato un importante convegno (16 e 17 aprile) Conceptual Tools for Understanding Science *dedicato ai principali risultati della recente ricerca chimica, il cui dominio sono le strutture molecolari e che è quindi coinvolta nell'uso dei nuovi strumenti concettuali offerti dalle teorie quantistiche e dall'esplorazione dei sistemi complessi.*

GIULIO CALVELLI
Fisico, Università di Padova

FISICI IN ERBA

L'insegnamento della scienza è insoddisfacente. Gli autori propongono un modello sperimentale di educazione scientifica di base per l'intero arco scolastico, che verrà esposto durante il convegno DAI QUARK ALLE GALASSIE.

Il lavoro del nostro gruppo (**G. Calvelli, M. Capitanio, R. di Blasi Burzotta, D. Furlan, A. Merlo e D. Rigon**) è nato principalmente dalla insoddisfazione per lo stato dell'insegnamento della scienza nella scuola elementare e dalla constatazione degli ostacoli di ordine scientifico e didattico che, fatte le debite eccezioni, gli insegnanti incontrano quando intendono mettere in atto percorsi di educazione scientifica.

Il fine individuato è stato pertanto quello di trovare nuovi modi per insegnare scienze nella scuola primaria tali da inserirsi correttamente in una prospettiva di educazione scientifica di base che coinvolga l'intero arco scolastico a partire dalla materna. Uno dei punti qualificanti della nostra azione è la produzione, illustrazione agli insegnanti, diffusione e sperimentazione nelle classi di percorsi didattici di fisica adatti a far parte di un curriculum continuo e longitudinale di educazione scientifica di base. Per realizzare questo progetto lavoriamo (confrontandoci anche con altri insegnanti), su un doppio binario, avendo cioè come intelocutori diretti sia i bambini sia gli insegnanti.

Il modello da noi seguito nel progettare, mettere a punto, valutare per quanto possibile i risultati della sperimentazione è quello della ricerca-azione «attuata da operatori pratici sulle loro stesse pratiche» (T. Husen, T. Neville, Enciclopedia Internazionale dell'Educazione, Oxford 1985).

In questa forma di ricerca, alla quale concorrono le distinte competenze dei vari membri del gruppo, ha un ruolo di particolare rilievo la discussione collettiva. Essa consente e agevola l'esame puntuale dei lavori fatti in classe e dei motivi per cui alcune soluzioni vengono adottate. Tale pratica rende inoltre necessaria l'esplicitazione dei presupposti scientifici e psicopedagogici di tutto il lavoro e ne sollecita il confronto. È stato così possibile confrontare idee e prassi educative per giungere a continui aggiustamenti in funzione dei risultati ottenuti e delle difficoltà incontrate.

Nel nostro lavoro si possono riconoscere due momenti fondamentali. Uno è la riflessione su ciò che succede nelle classi «sperimentali», l'altro è costituito dai seminari per gli insegnanti.[1] Carattere di questi seminari non è però esclusivamente quello di dare «pacchetti» di conoscenze su particolari argomenti scientifici, quanto di rivolgere la massima attenzione alle possibilità didattiche che questi offrono. In tal senso, ampio spazio viene riservato alla parte metodologico-didattica (in particolare, alla riflessione sulle rappresentazioni mentali dei fenomeni fisici in adulti e bambini) e alla pratica di laboratorio, mediante l'esecuzione di semplici esperimenti spesso affidati ai corsisti stessi.

Inizialmente il gruppo era partito dall'ipotesi che lo studio dei fenomeni fisici, basato su una pratica di laboratorio in classe, fornisse un buon metodo di lavoro con i bambini. Tale attività, pur positiva in sé, si è dimostrata insufficiente; ci si è accorti cioè che non bastava sostituire una prassi didattica fondata sui messaggi, prevalentemente verbali, dell'insegnante con un'altra basata sugli esperimenti. Sullo sfondo restava, non risolto, un problema fondamentale nella ricerca psicologica degli ultimi anni, quello della formazione dei concetti e della loro modifica. Sembrava cioè che il fatto di procedere in modo attivo/sperimentale non riuscisse a modificare che in piccola parte le idee dei bambini sui fenomeni fisici.

Si sono pertanto introdotti alcuni correttivi derivati dagli studi più recenti sullo sviluppo cognitivo, in particolare le idee di Vygotskij che affida all'istruzione il compito di attivare nei bambini i processi di costruzione della conoscenza, mediante l'aiuto e la comunicazione con l'insegnante e la collaborazione con i compagni. Il metodo seguito attualmente privilegia pertanto l'interazione dei bambini tra loro e con l'insegnante (mediante la discussione, il gioco, il continuo riferimento all'esperienza quotidiana). L'esperimento è soltanto uno dei momenti all'interno dei percorsi; è uno stimolo per discutere, fare ipotesi e controllare, piuttosto che una dimostrazione "scientifica" di come avviene un fenomeno fisico.

In pratica nell'attuare i nostri percorsi occorre:

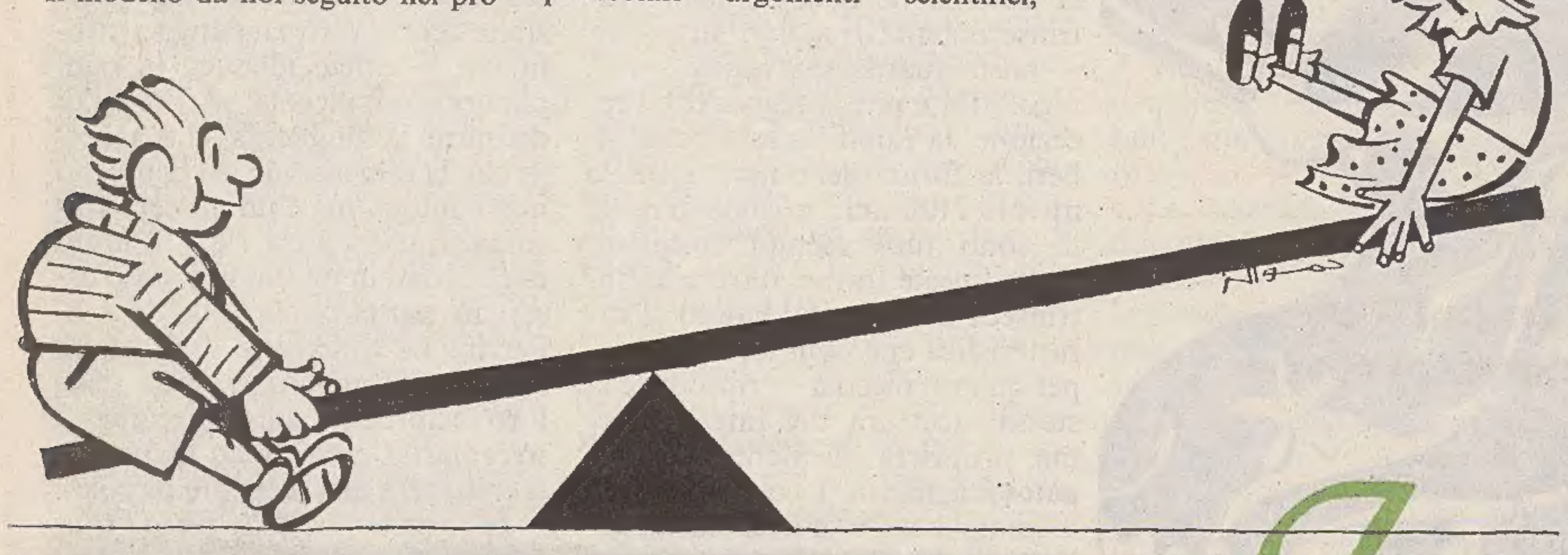
1) far parlare/lasciar discutere i bambini sui fenomeni presi in esame;

2) proporre/eseguire/far eseguire dagli alunni gli esperimenti;

3) ri-parlare/ri-discutere/riflettere su quanto osservato e sperimentato.

Sono queste le idee che, elaborate nel corso degli anni, guidano oggi l'attività del gruppo e ai suoi componenti sembrano essere le più appropriate per la scuola elementare.

[1] Tra i materiali prodotti quelli attualmente in uso sono: *Struttura della materia, cambiamenti di stato e proprietà delle soluzioni*, 1988, *Calore e Temperatura* (testo 1990-91, materiali per il lavoro di gruppo 1990-91 e schede per gli alunni 1990), *Verso una didattica dell'educazione scientifica*, 1993, che possono essere richiesti a: Itinerari educativi del Comune di Venezia, via Portara 8 - Mestre (VE).



ECO DELLA STAMPA SCIENTIFICA

La battaglia contro la malaria

Grazie alle ricerche del colombiano Manuel E. Patarroyo, è stato elaborato un nuovo vaccino, ormai in sperimentazione su soggetti umani: il vaccino istruisce il sistema immunitario a riconoscere il parassita responsabile della malattia sin dai primi stadi del suo sviluppo e ha rivelato effetti positivi.

La lotta alla malaria sarà uno dei temi che affronterà il prossimo numero di «Kangaroo», una nuova rivista nata proprio a Trieste nel dicembre 1992 per offrire un orientamento e un riferimento nella loro professione ai pediatri, soprattutto a quelli dei paesi meno sviluppati dove è difficile aver accesso a pubblicazioni specialistiche. Sono promotori dell'iniziativa il Bureau for International Health che ha sede presso l'istituto per l'Infanzia Burlo Garofolo di Trieste, l'Istituto di Ricerche Farmacologiche Mario Negri di Milano, il CUAMM, International College for Health Cooperation in Developing Countries di Padova e il Nuffield Institute dell'Università di Leeds.

I vantaggi della Polimerasi a catena (PRC)

Tra le tecniche della manipolazione del DNA è la più recente, e sembra un nuovo e assai versatile strumento di studio, in quanto permette di moltiplicare in poche ore qualsiasi frammento di materiale genetico. Alla PRC e alle sue principali applicazioni dedica un dossier «La Recerche» nel numero di gennaio 1993. Ricordiamo, tra l'altro, che le recenti scoperte sul misterioso periodo di latenza del virus HIV (che provoca l'AIDS) sono stati compiuti dall'equipe di Giuseppe Pantaleo proprio grazie alla PRC («Nature» **362**, 25 marzo 1993, Pantaleo et al., pp. 355, 287, 292-293).

Immagini del pensiero

Per la prima volta un gruppo dell'Università del Minnesota è riuscito a catturare un'immagine del cervello umano mentre sta pensando: per farlo è stato usato un apparecchio a risonanza magnetica. Il soggetto viene immerso in un forte campo magnetico che induce i nuclei di idrogeno nell'acqua del corpo ad allinearsi secondo le linee del campo magnetico. Poi i nuclei vengono leggermente disturbati da radio onde pulsanti; quando queste vengono interrotte, i nuclei ritornano al loro stato originale emettendo un segnale che viene registrato. («New Scientist», 11 luglio 1992, p. 19).

Editore: Società Editoriale Libraria per azioni
Stampato presso: O.T.E. via Guido Reni 1. Pubblicazione registrata al Tribunale di Trieste, n. 773 del 24/1/90.
Direttore responsabile: Margherita Hack
In redazione: Piero Budinich, Simona Cerrato, Ettore Panizon
Grafica: Giovanna Maiani
Disegni: Giuliano Comelli
Hanno collaborato: Aura Bernardi, Nicoletta Grandi, Paola Rodari.

LUISA CRISMANI
Regista teatrale

TEATRO SCIENZA: UN ESPERIMENTO

Quest'anno, in occasione della Settimana della Cultura Scientifica, il LIS propone a tutti i bambini della scuola materna e del primo ciclo della scuola elementare, uno spettacolo teatrale che trae ispirazione da contenuti scientifici. Abbiamo chiesto alla regista, Luisa Crismani, di raccontarci come è nata quest'idea.

Dovrei scrivere una scheda di presentazione. Questa non lo sarà che in parte, perché l'oggetto del discorso è ancora indistinto, impreciso, appena un abbozzo. Siamo a un punto di partenza. (Le partenze sono sempre emozionanti.) Voglio cercare perciò, visto che il viaggio è ancora tutto da compiere, di descrivere come e perché ho pensato di iniziarlo.

Si verificano a volte particolari, fortunate coincidenze. Un paio di anni fa, mentre lavoravo all'adattamento teatrale di un testo di Gianni Rodari, ho conosciuto sua figlia Paola, che un giorno mi ha buttato lì una domanda: «Hai mai pensato a un "soggetto" scientifico?». Premetto che mi piacciono le domande, soprattutto quelle «strane», che mi colgono impreparata, che muovono in me una certa inquietudine. Non ho mai fretta di rispondere: lascio che sedimentino. Alcune mettono radici subito, per altre ci vuole tempo, per tantissime non trovo nessuna risposta. Questa è rimasta lì, irraggiungibile, per alcuni mesi. Finché, «altrove», durante un mai concluso né concludibile — per questo tanto più appassionante — itinerario fra «io», «spazio» e «tempo», «reale» e «virtuale», mi capita fra le mani un libro, *Con il cielo negli occhi. Imparare a guardare lo spazio e il tempo*. Un bellissimo libro. Soprattutto di astronomia, ma anche di poesia. È un libro che insegna a osservare, fuori e dentro di sé, e a cogliere nessi, a capire e a comunicare. Eppure, in primis, è un libro di scienza. Ma di scienza strettamente legata all'esistenza, scienza che risponde alle domande senza mai esaurirle completamente, scienza «infinita», scienza creativa.

Ecco che da un altro percorso, del tutto distinto da quello del teatro, mi veniva una suggestione, una piccola traccia, un invito a occuparmi un po' di quella domanda. Ho cominciato cioè a interrogarmi realmente sulla possibilità, per lo meno teorica, di un soggetto rigorosamente scientifico per uno spettacolo teatrale. Perché no? Del resto, oltre che essere fonte di piacere estetico e di impegno creativo, il teatro esercita su di me un fascino coinvolgente soprattutto in quanto strumento di osservazione, vivisezione, conoscenza della realtà. C'è qualche analogia con la scienza.

L'ultima coincidenza, in ordine di tempo, sono stati i libri della Editoriale Scienza, l'anno scorso, d'estate. Li ci sono i contenuti, c'è la disciplina scientifica, ci sono le informazioni, ci sono, anche, le domande. Tante domande.

Da due di questi libri nasce *La coccinella e il dente di leone*. È un esperimento. Il primo. Uso la parola «esperimento» perché si tratta «anche» di scienza. In realtà termini più appropriati sarebbero «prova» o «tentativo», in quanto esso costituisce il primo passo su una strada non solo da percorrere, ma anche da tracciare.

la scienza da sfogliare

Complessità: Istruzioni per l'uso

Esistono numerose esposizioni introduttive sulla complessità, tra tutte ricordiamo la più recente, Caso e caos *di David Ruelle, Bollati Boringhieri 1992.*

Un inquadramento generale sui recenti orientamenti negli studi sulla complessità (ai quali è consacrato il prestigioso istituto di Santa Fé in California) si può leggere nei supplementi che vi ha dedicato il settimanale «New Scientist» nei nn. 1859-1860 (febbraio 1993) e nell'articolo di Ruthen Russell Adapting to Complexity *in «Scientific American» (gennaio 1993, pp. 110-118), disponibili presso la Biblioteca Scientifica del LIS (lunedì e mercoledì, dalle 15 alle 19).*

Pioniere degli studi sui sistemi complessi è stato il Premio Nobel Ilya Prigogine, cui si rifà l'orientamento di studi che considera i sistemi biologici sotto il profilo della termodinamica dei sistemi lontani dall'equilibrio. Insieme a Gregoire Nicolis, Prigogine ha scritto, tra l'altro Dall'essere al divenire, *pubblicato in Italia da Einaudi nel 1986.*

Al lettore più interessato vanno segnalati infine Introduzione alla fisica dei sistemi complessi *(a cura di M. Andreatta, M. Compiani, R. Serra, G. Zanarini, edito dalla Clueb, Bologna 1984),* Caos. Le leggi del disordine, *(a cura di Giulio Casati, Le Scienze, 1991), e il volume di I. Prigogine e G. Nicolis intitolato appunto* Exploring Complexity, an introduction, *Freeman, New York 1989 (con una ricca bibliografia).*

Quando si parla della complessità e delle sue radici, tra cui vi è la ricorsività, non si può dimenticare il contributo di Benoit Mandelbrot, il cui libro Gli oggetti frattali, *edito in Italia da Einaudi nel 1984, rappresenta una tappa fondamentale per comprendere la complessità delle forme geometriche naturali. Di grande interesse per la sontuosa eleganza delle immagini ottenute mediante elaborazioni al calcolatore dell'insieme di Mandelbrot, è la* Bellezza dei frattali *di H. O. Peitgen e P. H. Richter, edito in Italia da Bollati Boringhieri nel 1987.*

Il lettore interessato a una panoramica generale può trovarla nell'esposizione molto discorsiva del libro di James Gleick, Caos *(Rizzoli, 1989).*

DALLE PAGINE PRECEDENTI

(segue dalla prima pagina)

Da grande farò lo scienziato

di caduta di un paracadute, o si tratti di studiare le caratteristiche dei fuochi artificiali, gli studenti si impegnano, la loro fantasia viene stimolata, e la convinzione di avere realizzato un'impresa fa aumentare la loro fiducia in se stessi. Sono proprio queste le motivazioni che influenzano maggiormente le scelte professionali dei giovani.

Dunque, che cosa possiamo fare per convincere più giovani a intraprendere una carriera scientifica? Certamente incoraggiare le bambine e i bambini a giocare con giochi meccanici e scientifici. Certamente ricompensare scienziati e ingegneri con il dovuto prestigio e una retribuzione adeguata. Ma possiamo anche convincere gli scienziati migliori a entrare nella scuola e a impegnarsi personalmente nell'insegnamento, incoraggiando così i giovani, sia con l'esempio sia coinvolgendoli in attività e progetti scientifici. I giovani impareranno allora che la scienza può essere divertente e di grande soddisfazione personale.

(segue dalla seconda pagina)

I circuiti della memoria

ve vengono l'anatomia — che chiarisce come neuroni e sinapsi dell'ippocampo siano organizzati in complessi circuiti — e la registrazione dell'attività elettrica dei neuroni, che fornisce indicazioni sui messaggi che i neuroni si scambiano nel corso dei processi mnemonici. Uno sviluppo recente è quello della tomografia a emissione di positroni, che permette di registrare l'attività di zone di corteccia, incluso l'ippocampo, in animali e soggetti umani impegnati in compiti mnemonici o di altro tipo.

A questo punto sono state proposte diverse teorie che organizzano i dati provenienti dalle diverse metodologie in costrutti concettuali il più possibile coerenti e soddisfacenti. È qui che l'analisi matematica comincia a dare contributi importanti: la verifica della coerenza interna delle teorie sul funzionamento dell'ippocampo si avvale di modelli matematici semplificati, analizzabili con i metodi sviluppati dalla fisica statistica oppure simulabili al calcolatore. Oltre a verificare che lo schema proposto da una certa teoria funzioni davvero (almeno in situazioni semplificate), lo studio dei modelli porta anche a scoprire conseguenze necessarie, non immediatamente evidenti, quindi a motivare esperimenti in grado di convalidare o meno la teoria stessa.

Questo è un momento di fervore e di intense aspettative per chi nelle neuroscienze si interessa dell'ippocampo. Non è escluso che una maggiore comprensione di questo «motore» della memoria porti, in tempi non troppo lunghi, anche alla formulazione di terapie atte a curare la sindrome — l'amnesia — che si manifesta quando il motore, per diverse ragioni, si inceppa.

(segue dalla seconda pagina)

Viva la complessità

pur note leggi che governano le interazioni tra gli elementi del sistema: si tratta, come si dice, di un comportamento emergente.

— Quindi, anche i sistemi teorici riservano delle sorprese...

— Sì, certo. E sono delle sorprese interessanti, divertenti. Se la fisica fosse solo quella che di solito si studia al liceo, dove tutto sembra governato da leggi note, il lavoro di ricerca non sarebbe molto divertente. Il divertimento viene quando uno ha una teoria, un pregiudizio, un'idea da seguire per orientarsi nella ricerca. E il fatto che la complessità si manifesti già nel modello (che è comunque una semplificazione della realtà) rende il nostro campo fertile di discussioni, controversie, nuove ipotesi, cioè, in definitiva di idee.

— Il fatto che già il modello numerico riservi delle sorprese, che il prodotto della simulazione sia in qualche modo inaspettato, rende il vostro lavoro simile a quello sperimentale?

— Non proprio. In effetti, la simulazione contiene sia aspetti teorici sia aspetti sperimentali. In principio uno deve fare un grande lavoro teorico per mettere a punto un programma che permetta di simulare un sistema che abbia un certo interesse. Una volta che questo è stato fatto, si tratta di far girare il programma su un calcolatore, e poi di analizzare i dati prodotti dalla simulazione (spesso in giorni e giorni di calcolo). Per orientarsi in questa analisi, anche qui, come di fronte ai dati sperimentali, è necessario avere una teoria, un pregiudizio. La differenza con gli esperimenti reali è che in una simulazione numerica c'è un controllo totale delle condizioni in cui si svolge l'esperimento numerico; i dati che si ottengono, e con i quali si possono «testare» teorie esistenti oppure svilupparne di nuove, sono molto più «puliti» dei dati sperimentali veri e propri. Inoltre un campione numerico può essere analizzato in un dettaglio molto maggiore di un campione sperimentale.

(segue dalla terza pagina)

Corsi e ricorsi della natura

dal LIS sono dedicate alla complessità e ai sistemi complessi. I frattali come si inseriscono in questo contesto? Qual è il nesso tra sistemi complessi e frattali?

Prima di tutto bisogna mettersi d'accordo su cosa significa sistema complesso. Dal mio punto di vista di fisico, per sistema complesso intendo un sistema costituito da molte componenti interagenti tra di loro. Il risultato di tale interazione non è in nessun modo deducibile dal comportamento delle singole componenti separatamente, ma è imprevedibilmente dipendente dall'interazione stessa. Detto questo, credo che i frattali possano essere considerati come un esempio di sistema complesso, in cui autosomiglianza e ricorsività giocano un ruolo essenziale.

Il cenno alla ricorsività si riallaccia al titolo e fornisce uno spunto per una conclusione. La ricorsività è un concetto fondamentale in tutti i fenomeni complessi. Potrebbe darne una definizione semplice?

I sistemi naturali cambiano e si evolvono nel tempo; ogni stadio di questa evoluzione dipende dallo stadio precedente e influenza quello successivo. Il sistema è descritto da certi valori dei parametri che lo caratterizzano; per conoscere il sistema dobbiamo misurare questi parametri. I valori misurati in un primo istante serviranno per il calcolo del secondo istante, che a sua volta viene utilizzato per determinare il terzo. In questo modo lo stato del sistema in ogni istante dipende dallo stato nell'istante precedente. Questo procedimento di calcolo si chiama **ricorsivo**, o iterativo.

Tutti i modelli matematici relativi ai sistemi complessi sono di tipo iterativo e sono adatti a essere programmati su calcolatore. In questo campo le simulazioni al calcolatore sono particolarmente utili; infatti, oltre a calcolare soluzioni accurate di problemi complicati, esse rappresentano veri e propri esperimenti da cui poter trarre suggerimenti per lo sviluppo dei concetti teorici.